



[Agent]

[Identification No.] 100092299

[Patent Attorney]

[Name and Address] Kazuo SADASHIGE

[Telephone No.] 03-3585-2364

[Designation of Charge]

[Ledger No. for Payment] 049021

[Amount of Payment] ¥21,000

[List of Document Submitted]

[Object Name] Specification 1

[Object Name] Drawing 1

[Object Name] Abstract 1

[Number of Comprehensive Power of Attorney] 0014505

[Necessity of Confirmation] Necessary

[Name of Document] SPECIFICATION

[Title of the Invention] LOCAL ETCHING METHOD

[Scope of Claims]

[Claim 1] A local etching method for a local dry etching apparatus, said local dry etching apparatus comprising:

a nozzle for injecting an activated species gas to a surface of a semiconductor wafer;

a stage for supporting the semiconductor wafer;

a drive apparatus for driving either or both of said stage and said nozzle for moving said nozzle relative to said semiconductor wafer in a plane along the surface of said semiconductor wafer;

a calculating apparatus for calculating a drive speed of said drive apparatus for relatively moving the nozzle at a lower speed at an area at which a thickness of said semiconductor wafer is relatively thick and relatively moving the nozzle at a higher speed at an area at which the thickness of the semiconductor wafer is relatively thin based on a thickness distribution data at respective areas previously determined on said semiconductor wafer and outputting the drive speed; and

a control apparatus for controlling said drive speed by said drive speed outputted from said calculating apparatus;

characterized in that said drive speed is calculated

at said calculating apparatus by using etching rates constituting a distribution of removing speeds of removing a material of the semiconductor wafer by said activated species gas and calculated for respective distances between the outer edge of the semiconductor wafer and said nozzle.

[Claim 2] A local dry etching apparatus comprising:

a nozzle for injecting an activated species gas to a surface of a semiconductor wafer;

a stage for supporting the semiconductor wafer;

a drive apparatus for driving either or both of said stage and said nozzle for moving said nozzle relative to said semiconductor wafer in a plane along the surface of said semiconductor wafer;

a calculating apparatus for calculating a drive speed of said drive apparatus for relatively moving the nozzle at a lower speed at an area at which a thickness of said semiconductor wafer is relatively thick and relatively moving the nozzle at a higher speed at an area at which the thickness of the semiconductor wafer is relatively thin based on a thickness distribution data at respective areas previously determined on said semiconductor wafer and outputting the drive speed; and

a control apparatus for controlling said drive speed by said drive speed outputted from said calculating apparatus;

characterized in that said calculating apparatus calculates said drive speed by using an etching rate constituting a distribution of removing speeds for removing a material of the semiconductor wafer by said activated species gas and calculated for respective distances between an outer edge of the semiconductor wafer and said nozzle.

[Claim 3] A local etching method for a local dry etching apparatus, said local dry etching apparatus comprising:

a nozzle for injecting an activated species gas to a surface of a semiconductor wafer;

a stage for supporting the semiconductor wafer;

a drive apparatus for driving either or both of said stage and said nozzle for moving said nozzle relative to said semiconductor wafer in a plane along the surface of said semiconductor wafer;

a calculating apparatus for calculating a drive speed of said drive apparatus for relatively moving the nozzle at a lower speed at an area at which a thickness of said semiconductor wafer is relatively thick and relatively moving the nozzle at a higher speed at an area at which the thickness of the semiconductor wafer is relatively thin based on a thickness distribution data at respective areas previously determined on said semiconductor wafer and outputting the drive speed; and

a control apparatus for controlling said drive speed by said drive speed outputted from said calculating apparatus;

characterized in that said drive speed is calculated at said calculating apparatus by using an etching rate constituting a distribution of removing speeds for removing a material of the semiconductor wafer by said activated species gas and constituting a single etching rate regardless of distances between an outer edge of the semiconductor wafer and said nozzle and a drive speed at an outer side of the semiconductor wafer in the calculated drive speed, is further multiplied by a coefficient.

[Claim 4] A local dry etching apparatus comprising:

a nozzle for injecting an activated species gas to a surface of a semiconductor wafer;

a stage for supporting the semiconductor wafer;

a drive apparatus for driving either or both of said stage and said nozzle for moving said nozzle relative to said semiconductor wafer in a plane along the surface of said semiconductor wafer;

a calculating apparatus for calculating a drive speed of said drive apparatus for relatively moving the nozzle at a lower speed at an area at which a thickness of said semiconductor wafer is relatively thick and relatively moving the nozzle at a higher speed at an area at which the thickness

of the semiconductor wafer is relatively thin based on a thickness distribution data at respective areas previously determined on said semiconductor wafer and outputting the drive speed; and

a control apparatus for controlling said drive speed by said drive speed outputted from said calculating apparatus;

characterized in that said calculating apparatus calculates said drive speed by using an etching rate constituting a distribution of removing speeds of removing a material of the semiconductor wafer by said activated species gas and constituting a single etching rate regardless of distances between an outer edge of the semiconductor wafer and said nozzle and a drive speed at an outer side of the semiconductor wafer in the calculated drive speed, is further multiplied by a coefficient.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Technical Field to which the Invention Pertains]

The present invention relates to a wafer planarizing technology for locally etching to planarize projected portions at a surface of a semiconductor wafer, or locally etching relatively thick portions of a semiconductor wafer to thereby make a thickness distribution of the semiconductor wafer uniform by activated species gas, that is, relates to a local

etching method or a local etching apparatus.

[0002]

[Prior Art]

Fig. 1 is an explanatory view for explaining principle of a wafer planarizing method by a local etching method using plasma. Notation 100 designates a plasma generating portion and activated species gas G in plasma generated at the plasma generating portion 100 is injected from a nozzle 101 to a surface of a semiconductor wafer W. The semiconductor wafer W is fixedly mounted onto a stage 120 and the stage 120 is moved at speed controlled in a horizontal direction relative to the nozzle 101.

[0003]

Initially, a thickness of the semiconductor wafer W differs in accordance with a location. Prior to etching, for respective semiconductor wafer W, a thickness of a respective subdivided area thereof is measured. By the measurement, there is provided data corresponding a position of the respective area and the thickness at the position, that is, position-thickness data. According to the local etching method, an amount of removing a material at the respective region corresponds to a time period of exposing the area to the activated species gas G. Therefore, relative speed for passing the nozzle relative to the semiconductor wafer



(hereinafter, referred to as nozzle speed) is determined to speed by which the nozzle is moved at a low speed above a relatively thick portion  $W_a$  and at relatively high speed at a relatively thin portion.

[0004]

Fig. 2 is a graph showing a distribution of an amount (depth) of a semiconductor wafer material per unit time removed by the activated species gas, that is, an etching rate. The curve referred to as an etching rate profile is a curve very similar to a Gaussian distribution. As shown by Fig. 2, the etching rate  $E$  is provided with a maximum value  $E_{max}$  on a center line of the nozzle 101 and is reduced as the location becomes remote from the center in a radius  $r$  direction.

[0005]

Since material removing capacity shows a distribution in accordance with a distance from the center of the nozzle in this way, a material removing amount requested for every area cannot be determined only by nozzle speed at every area. The reason is that even when the material is removed by a necessary amount in every area, when etching is carried out for a contiguous area or an area contiguous thereto, the material is removed in accordance with the above-described etching rate profile also for the initial area.

[0006]

In this way, every area is effected with influence of etching for all of the other areas and therefore, the nozzle speed is calculated such that heights of surfaces of the respective areas become equal to each other as a result of superposing influence of these for all the areas.

[0007]

[Problem to be Solved by the Invention]

Conventionally, the etching rate profile is dealt with to remain unchanged even when the nozzle is disposed at any position relative to the semiconductor wafer. However, after processing a number of silicon semiconductor wafers, it has been found that a planarization as expected is not achieved at a vicinity of an outer edge of a semiconductor wafer since there is recognized a tendency that a corner portion slopes down by excessive material removal at a vicinity of an outer edge  $W_c$  as is shown in, for example, Fig. 3 by surrounding the corner portion by a dotted line.

[0008]

There is acquired knowledge that the tendency is caused by assuming that according to the conventional technology, the etching rate profile remains unchanged although the etching rate profile is deformed when the nozzle is disposed at the vicinity of the outer edge of the semiconductor wafer.

[0009]

It is a problem of the invention to provide local etching method and a local etching apparatus achieving an accurate planarization of a semiconductor wafer including an outer edge thereof by improving the conventional local etching method based on the above-described knowledge.

[0010]

[Means for Solving the Problem]

The above-described problem can be solved by the following means. That is, according to resolving means of a first aspect of the invention, there is provided a local etching method for a local dry etching apparatus, the local dry etching apparatus comprising a nozzle for injecting an activated species gas to a surface of a semiconductor wafer, a stage for supporting the semiconductor wafer, a drive apparatus for driving either or both of the stage and the nozzle for moving the nozzle relative to the semiconductor wafer in a plane along the surface of the semiconductor wafer, a calculating apparatus for calculating a drive speed of the drive apparatus for relatively moving the nozzle at a lower speed at an area at which a thickness of the semiconductor wafer is relatively thick and relatively moving the nozzle at a higher speed at an area at which the thickness of the semiconductor wafer is relatively thin based on a thickness distribution data at respective areas previously determined on the semiconductor wafer and outputting the drive speed,

and a control apparatus for controlling the drive speed by the drive speed outputted from the calculating apparatus, characterized in that the drive speed is calculated at the calculating apparatus by using etching rates constituting a distribution of removing speeds of removing a material of the semiconductor wafer by the activated species gas and calculated for respective distances between the outer edge of the semiconductor wafer and the nozzle.

[0011]

According to resolving means of a second aspect of the invention, there is provided a local dry etching apparatus, comprising a nozzle for injecting an activated species gas to a surface of a semiconductor wafer, a stage for supporting the semiconductor wafer, a drive apparatus for driving either or both of the stage and the nozzle for moving the nozzle relative to the semiconductor wafer in a plane along the surface of the semiconductor wafer, a calculating apparatus for calculating a drive speed of the drive apparatus for relatively moving the nozzle at a lower speed at an area at which a thickness of the semiconductor wafer is relatively thick and relatively moving the nozzle at a higher speed at an area at which the thickness of the semiconductor wafer is relatively thin based on a thickness distribution data at respective areas previously determined on the semiconductor wafer and outputting the drive speed, and a control apparatus for controlling the drive speed

by the drive speed outputted from the calculating apparatus, characterized in that the calculating apparatus calculates the drive speed by using an etching rate constituting a distribution of removing speeds for removing a material of the semiconductor wafer by the activated species gas and calculated for respective distances between an outer edge of the semiconductor wafer and the nozzle.

[0012]

According to resolving means of a third aspect of the invention, there is provided a local etching method for a local dry etching apparatus, the local dry etching apparatus comprising a nozzle for injecting an activated species gas to a surface of a semiconductor wafer, a stage for supporting the semiconductor wafer, a drive apparatus for driving either or both of the stage and the nozzle for moving the nozzle relative to the semiconductor wafer in a plane along the surface of the semiconductor wafer, a calculating apparatus for calculating a drive speed of the drive apparatus for relatively moving the nozzle at a lower speed at an area at which a thickness of the semiconductor wafer is relatively thick and relatively moving the nozzle at a higher speed at an area at which the thickness of the semiconductor wafer is relatively thin based on a thickness distribution data at respective areas previously determined on the semiconductor wafer and outputting the drive speed, and a control apparatus for controlling the drive speed

by the drive speed outputted from the calculating apparatus, characterized in that the drive speed is calculated at the calculating apparatus by using an etching rate constituting a distribution of removing speeds for removing a material of the semiconductor wafer by the activated species gas and constituting a single etching rate regardless of distances between an outer edge of the semiconductor wafer and the nozzle and a drive speed at an outer side of the semiconductor wafer in the calculated drive speed, is further multiplied by a coefficient.

[0013]

According to resolving means of a fourth aspect of the invention, there is provided a local dry etching apparatus comprising a nozzle for injecting an activated species gas to a surface of a semiconductor wafer, a stage for supporting the semiconductor wafer, a drive apparatus for driving either or both of the stage and the nozzle for moving the nozzle relative to the semiconductor wafer in a plane along the surface of the semiconductor wafer, a calculating apparatus for calculating a drive speed of the drive apparatus for relatively moving the nozzle at a lower speed at an area at which a thickness of the semiconductor wafer is relatively thick and relatively moving the nozzle at a higher speed at an area at which the thickness of the semiconductor wafer is relatively thin based on a thickness distribution data at respective areas previously

determined on the semiconductor wafer and outputting the drive speed, and a control apparatus for controlling the drive speed by the drive speed outputted from the calculating apparatus, characterized in that the calculating apparatus calculates the drive speed by using an etching rate constituting a distribution of removing speeds of removing a material of the semiconductor wafer by the activated species gas and constituting a single etching rate regardless of distances between an outer edge of the semiconductor wafer and the nozzle and a drive speed at an outer side of the semiconductor wafer in the calculated drive speed, is further multiplied by a coefficient.

[0014]

[Preferred Embodiments]

Embodiment 1

An explanation will be given of embodiments of the invention in reference to the drawings as follows. Fig. 4 is an explanatory view showing an outline of a local etching apparatus for removing unevenness at a surface of a semiconductor wafer.

[0015]

The local etching apparatus is provided with a plasma generator 1, a gas supply apparatus 3 and an X-Y drive mechanism 5. The plasma generator 1 is an apparatus for forming a gas

in an alumina discharge tube 2 into a plasma to thereby produce activated species gas G including neutral radicals and is provided with a microwave oscillator 10 and a waveguide 11. The microwave oscillator 10 is a magnetron and can oscillate microwave M at predetermined frequency.

[0016]

The waveguide 11 propagates the microwave M oscillated from the microwave oscillator 10 and the alumina discharge tube 2 is inserted to the waveguide 11. At an inner portion of a left side end of the waveguide 11, there is attached a reflecting plate (short plunger) 12 forming a standing wave by reflecting the microwave M. Further, at middle of the waveguide 11, there are attached a stub tuner 13 for carrying out phase matching of the microwave M and an isolator 14 for bending the reflected microwave M directed to the microwave oscillator 10 in a direction of 90 degrees (direction of surface of Fig. 1).

[0017]

The alumina discharge tube 2 is a cylindrical member formed with a nozzle 20 at its lower end portion and connected with a supply pipe 30 of the gas supply apparatus 3 at its upper end portion. The gas supply apparatus 3 is an apparatus for supplying a gas into the alumina discharge tube 2, having a cylinder 31 of SF<sub>6</sub> (sulfur hexafluoride) gas and the cylinder



31 is connected to the supply pipe 30 via valves 32 and a flow rate controller 33. Further, although the sulfur hexafluoride gas can constitute a gas by itself in this way, a mixture gas including the sulfur hexafluoride gas can also be constituted by simultaneously supplying other gas to the supply pipe 30.

[0018]

When gas is supplied from the gas supply apparatus 3 to the alumina discharge tube 2 and the microwave is oscillated by the microwave oscillator 10, plasma formation of the gas is carried out at inside of the alumina discharge tube 2. The activated species gas G produced by the plasma formation is injected from the nozzle 20.

[0019]

The semiconductor wafer W is arranged on a wafer table 40 at inside of a chamber 4 and adsorbed by the wafer table 40 by electrostatic force. The chamber 4 is attached with a vacuum pump 41 and inside of the chamber 4 can be vacuumed (reduce pressure) by the vacuum pump 41. Further, a hole 42 is perforated at a central portion of the ceiling of the chamber 4 and the nozzle 20 of the alumina discharge tube 2 is inserted into the chamber 4 via the hole 42. An O-ring 43 is mounted between the hole 42 and the alumina discharge tube 2 to thereby hold an interval between the hole 42 and the alumina discharge tube 2 in airtight. A duct 44 is provided at a surrounding

of the nozzle 20 inserted into the hole 42. Another vacuum pump 45 is connected to the duct 44 and gases produced by reaction in etching are exhausted to outside of the chamber 4 via the duct 44.

[0020]

The X-Y drive mechanism 5 is arranged at inside of the chamber 4 and supports the wafer table 40 from a lower side thereof. According to the X-Y drive mechanism 5, the wafer table 40 is moved in a left and right direction of Fig. 4 by an X drive motor 50 thereof and the wafer table 40 and the X drive motor 50 are integrally moved in a top and tail direction of the paper face by a Y drive motor 51 thereof. That is, the nozzle 20 can be moved in X-Y directions relative to the semiconductor wafer W by the X-Y drive mechanism 5.

[0021]

When the valve 32 of the gas supply apparatus 3 is opened, the  $\text{SF}_6$  gas in the cylinder 31 flows out to the supply pipe 30 and is supplied to the alumina discharge tube 2. The flow rate of the  $\text{SF}_6$  gas is adjusted by an opening degree of the valve 32.

[0022]

In parallel with operation of supplying the  $\text{SF}_6$  gas or the mixture gas, the microwave oscillator 10 is driven. The  $\text{SF}_6$  gas at inside of the alumina discharge tube 2 is subjected

to plasma formation by the microwave M. By the plasma formation of the gas, there is formed the activated species gas G including neutral F (fluorine) radicals. The activated species gas G is guided to the nozzle 20 of the alumina discharge tube 2 and is injected from an opening 20a of the nozzle 20 to the surface of the semiconductor wafer W.

[0023]

In parallel with injection of the activated species gas, the X-Y drive mechanism 5 is controlled by a control computer 49 and the wafer table 40 is moved by previously calculated speed (mentioned later) along a determined locus.

[0024]

The injected activated species gas chemically reacts with a material at the surface of the semiconductor wafer. Produced substances produced by the chemical reaction are gaseous, therefore, the produced gases can easily be removed (flowed away) from the side. Thereby, material is removed from the surface of the semiconductor wafer W. A removed amount thereof is substantially proportional to a time period of being exposed to the activated species gas and therefore, the removed amount is controlled by controlling relative speed between the semiconductor wafer W and the nozzle 20. The relative speed is determined based on previously measured data of unevenness of the semiconductor wafer W, that is,

position-thickness data.

[0025]

The present invention is based on new knowledge that the conventional way of thinking that the etching rate profile is always symmetrical axially, is partially erroneous, instead thereof, the etching rate profile is dependent on a distance  $\epsilon$  from a center of a nozzle through an outer edge of a semiconductor wafer and is not axially symmetrical. Fig. 5, Fig. 6 and Fig. 7 are explanatory views showing the distance  $\epsilon$  from the center of the nozzle to the outer edge of Wc of a semiconductor wafer and deformation of an etching rate profile in that case.

[0026]

When the outer edge Wc is sufficiently remote therefrom by the distance  $\epsilon$  in observing a surface of the semiconductor wafer by disposing an observing point on the nozzle 20, the surface looks like a simple plane having substantially infinite spread and having no characteristic. Therefore, activated species gas injected from the nozzle 20 is impacted to the semiconductor wafer, changes a direction of flow and thereafter flows to uniformly spread along the surface of the semiconductor wafer. Therefore, the flow of the activated species gas is symmetrical with respect to a center axis of the nozzle 20 and accordingly, the etching rate E becomes

symmetrical with respect to the nozzle axis.

[0027]

However, at a position approaching the outer edge  $W_c$  of the semiconductor wafer, the situation differs from the above-described. The flow of the activated species gas is influenced by the shape of the semiconductor wafer. At the position proximate to the outer edge  $W_c$  of the semiconductor wafer, in looking at the surface of the semiconductor wafer by placing the observing point on the central axis of the nozzle 20, the outer edge  $W_c$  is brought into the field of vision and the semiconductor wafer can no longer be regarded as the plane having the infinite spread and having no characteristic. Therefore, the flow of the activated species gas is not axially symmetrical and the distribution of the etching rate  $E$  is not axially symmetrical. That is, the etching rate profile is deformed.

[0028]

The deformation of the etching rate profile is caused by still other factor. When the activated species gas is blown to the semiconductor wafer, the activated species in the gas collide with silicon atoms at a constant frequency and cause chemical reaction. The activated species become other compound (gases) by the chemical reaction and lose the activity. When a comparison is made between the activated

species gas staying for a long period of time in a space proximate to the surface of the semiconductor wafer and the activated species gas staying in a space remote from the surface of the semiconductor wafer, rates of the activated species included therein differ from each other. Therefore, when attention is paid to an arbitrary block of the activated species gas, the chemical activity as a whole differs for respective block.

[0029]

Meanwhile, the flow of the gas is provided with a random performance and there is produced an irregular and complicated flow at inside of the chamber of the local etching apparatus. Mixing is caused between new gas immediately after having been injected into the chamber and old gas in which the concentration of the activated species is reduced after elapse of some period of time after injection. Therefore, a portion of gas (or activated species) impacted to the semiconductor wafer is recirculated to a vicinity of the nozzle and joins and mixes with new gas at the vicinity. When the activated species gas flows on the outer side of the outer edge  $W_c$  of the semiconductor wafer, the activated species are not consumed since silicon is not present at the outer side. When the gas in which the activated species are not consumed in this way, drifts at inside of the chamber, approaches the nozzle and mixes with new gas immediately after having been injected, the rate of the activated species is increased. Therefore, the activity of

the activated species gas is increased and when the gas is blown to surface of the semiconductor wafer, the etching rate is partially increased. As a result, the etching rate profile is deformed.

[0030]

Fig. 5 shows a case in which the center of the nozzle and the outer edge  $W_c$  are remote from each other by the sufficient distance  $\delta$ , the etching rate profile is not influenced by the outer edge  $W_c$  and its symmetry is substantially maintained. Fig. 6 shows an example in which although the center of the nozzle is disposed above the semiconductor wafer, the center of the nozzle is proximate to the outer edge  $W_c$  and accordingly, the etching rate profile is deformed by being influenced from the outer edge  $W_c$ . In Fig. 6, the etching rate profile of Fig. 5 is indicated by a dotted line for comparison. Further, at an outer side (right side) of the outer edge  $W_c$ , the semiconductor wafer is not present and therefore, the etching rate  $E$  is null. It is known that on an inner side of the outer edge  $W_c$ , the etching rate  $E$  is increased by  $\Delta E$  at the same position.

[0031]

Fig. 7 shows an example in which the center of the nozzle is disposed outside of above the semiconductor wafer and proximate to the outer edge  $W_c$ . Similar to Fig. 6, the etching

rate profile is deformed and the etching rate  $E$  is increased by  $\Delta E$ .

[0032]

According to the invention, relative speed  $v$  of the nozzle is calculated by using the etching rate  $E$  which differs in accordance with the distance  $\varepsilon$  between the center of the nozzle and the outer edge  $Wc$  in this way.

[0033]

Fig. 8 is a plane view showing the semiconductor wafer  $W$ , a nozzle locus 201 and very small areas  $\Delta A$ . Further, in Fig. 8, there is shown an etching rate profile along a line passing through respective centers of a very small area  $\Delta A (m_0, n_0)$  and a very small area  $\Delta A (m, n)$ . The etching rate profile shows that by the nozzle the center of which is disposed above the very small area  $\Delta A (m_0, n_0)$ , the very small area  $\Delta A (m, n)$  on a right upper side, is etched by an etching rate  $E_1$ . As has already been explained, according to the invention, the etching rate  $E_1$  is not regarded to be influenced only by relative positions of the center of the nozzle and the very small area  $\Delta A (m, n)$  to be etched, to which the attention is paid at this occasion as in the conventional technology. According to the invention, the etching rate  $E_1$  is influenced by the distance  $\varepsilon$  between the outer edge  $Wc$  and the center of the nozzle other than influence of these and is provided



with a value which differs for respective relationship of these.

[0034]

On an outer side of the semiconductor wafer W, there is conceived an imaginary area  $W_v$  larger than the semiconductor wafer W by an effective etching radius and there are conceived squares at pitch  $p$  to sufficiently cover imaginary area  $W_v$ . By attaching numbers  $m$  and  $n$  to respective of the squares, different very small areas are represented. For example, a very small area at  $m$ -th order from left and  $n$ -th order from a lower side, is designated by notation  $\Delta A(m, n)$  and nozzle speed of the very small area  $\Delta A(m, n)$  is designated by notation  $v(m, n)$ . Normally, very small areas  $\Delta A$  are assumed by the same number in vertical and horizontal directions on semiconductor wafer coordinates and therefore, when the number is designated by notation  $k$ , notations  $m$  and  $n$  are provided with values of  $1 \leq m \leq k$ ,  $1 \leq n \leq k$ .

[0035]

Fig. 9 is an enlarged view enlarging a portion of Fig. 8. Fig. 10(a) is a graph subdividing an abscissa of an etching rate profile by a pitch the same as the pitch  $p$  in Fig. 8. Fig. 10(b) shows a very small area  $\Delta B$  partitioned by subdivision by the pitch  $p$  when the observing point is disposed on the axis line of the nozzle. In correspondence with a respective

very small area, similar to the case of Fig. 8, the very small area is designated by notation  $\Delta B(i, j)$  by using numerals  $i$  and  $j$ . For example, a very small area at center is designated by notation  $\Delta B(0, 0)$  and a very small area on a right upper side thereof is designated by notation  $\Delta B(1, 1)$ . Further, the etching rate  $E$  in the very small area  $\Delta B(i, j)$  is designated as notation  $E(i, j)$ .

[0036]

The value of the etching rate  $E$  is indicated by a value the best representing a value in the area. A bold line in Fig. 10(b) designates an outermost edge effected by etching. That is, on an outer side of the bold line, even when the nozzle 20 is disposed at any position relative to the outer edge  $W_c$ , activated species gas is not provided with etching capacity at outside of the bold line.

[0037]

The etching rate profile is deformed by being influenced by the distance  $\varepsilon$  and therefore, a degree of deforming the etching rate profile is previously calculated for respective position of the nozzle 20, that is, respective distance  $\varepsilon$ . In calculating the relative speed  $v$ , mentioned later, the etching rate  $E$  calculated in this way is used at the vicinity of the outer edge  $W_c$ . Further, when the nozzle is disposed at a position at which a tangential line of the outer edge

Wc is inclined, there is used the etching rate E provided by rotating coordinates of data of the etching rate by an angle of the inclination.

[0038]

Now, when the center of the nozzle 20 passes through the single very small area  $\Delta A(m_0, n_0)$  by taking time  $\Delta t(m_0, n_0)$ , consider an amount (depth)  $\Delta D(m, n)$  of etching the very small area  $\Delta A(m, n)$  remote therefrom (refer to Fig. 7). Since the center of the nozzle 20 is disposed at the very small area  $\Delta B(0, 0)$ , the very small area  $\Delta B(0, 0)$  and the very small area  $\Delta A(m_0, n_0)$  precisely overlap each other. Positions i and j in viewing the very small area  $\Delta A(m, n)$  from above the nozzle are respectively  $i=m-m_0$ ,  $j=n-n_0$  and therefore, the etching rate E with respect to the very small area  $\Delta A(m, n)$  is represented by notation  $E(m-m_0, n-n_0)$ .

[0039]

Therefore,  $\Delta D(m, n)$  is represented as follows.

$$\Delta D(m, n) = E(m-m_0, n-n_0) * \Delta t(m_0, n_0) \dots \text{Equation (1)}$$

[0040]

When the nozzle 20 passes above respective of the very small areas  $\Delta A$ , at the very small area  $\Delta A(m, n)$  to which attention is paid currently, there is carried out etching of the amounts  $\Delta D$  for the respective positions of the nozzle. Therefore, a total etching amount  $D(m, n)$  effected to the very

small area  $\Delta A (m, n)$  to which attention is paid, is calculated by summing up all of  $\Delta D$  at the respective positions of the nozzle. That is,

$$\Delta D (m, n) = \sum_{m0=0, n0=0}^{m0=k, n0=k} E (m-m0, n-n0) * \Delta t (m0, n0)$$

... Equation (2)

[0041]

The speed  $v$  (which is moving speed in either of vertical and horizontal directions) when the nozzle 20 passes the very small area  $\Delta A$ , the time  $\Delta t$  required for passing and the pitch  $p$  are brought into a relationship of  $p=v \cdot \Delta t$  and therefore, when all of the speed  $v$  is known, by using Equation (2), the depth of removing the material can simply be calculated for the respective very small area.

[0042]

Conversely, when necessary depths of removing the material are previously given and the speeds  $v$  are calculated for the respective very small areas, Equation (2) is solved as simultaneous linear equations, times  $\Delta t$  of passing the respective very small areas are calculated and the speeds  $v$  of the respective very small areas are calculated therefrom.

[0043]

The local etching apparatus is normally used for planarizing the surface of the semiconductor wafer.

Therefore, with regard to the respective semiconductor wafer W, amounts of unevenness, that is, thicknesses of the respective very small areas are previously measured and given as single position - thickness data for the respective semiconductor wafer. Necessary depths of removing the material are determined from the position - thickness data and therefore, the simultaneous linear equations of Equation (2) are solved. The imaginary area  $Wv$  is present on the outer side of the outer edge of the semiconductor wafer at which the material is not present inherently and the speed  $v$  is calculated by assuming that the area  $Wv$  is provided with a thickness equal to a thickness of the inner area of the outer edge mostly proximate thereto.

[0044]

Although the calculation is not so easy since as a result, the hypercomplex simultaneous linear equations are solved, application program software on sale can be used. Further, what is important here is to carry out etching such that thicknesses of all of the very small areas are equal. Therefore, the material removing depth  $D(m, n)$  of the respective very small area is not absolute but can pertinently be determined relatively in relation with other very small area.

[0045]

In the above-described very small area, the thickness and the etching rate are dealt with approximately as constant values which remain unchanged. Therefore, the more increased is the number of the very small areas by reducing the pitch  $p$ , the finer solution can be provided, however, since time is taken in numerical calculation, a proper size of the pitch  $p$  is determined.

[0046]

Fig. 8 shows the nozzle locus 201 in a zigzag shape. What determines the material removing depth  $D(m, n)$  of the respective very small area is time  $\Delta t$ . The speed  $v$  at the respective very small area is for making the nozzle present above the very small area by the time  $\Delta t$ . Further, the material removing depth  $D(m, n)$  is not depending on the order of etching. Therefore, the direction of moving the nozzle in the respective very small area may be vertical or horizontal and an arbitrary locus can be selected so far as the material can be removed by necessary depths for all of the very small areas. Therefore, the locus shown here is only an example.

[0047]

## Embodiment 2

As has been explained above, according to the local etching method, there are used a plurality of the etching rate profiles, that is, etching rates  $E(i, j)$ . According to

Embodiment 2, instead thereof, as a single profile data for determining coefficients of Equation (2), an etching rate  $E(i, j)$  in correspondence with a central portion of the semiconductor wafer can be used without being related to the distance  $\varepsilon$  as in Embodiment 1. The other is similar to that in the above-described embodiment.

[0048]

After providing the relative speeds  $v$  for the respective very small areas in this way, in the imaginary area  $Wv$ , the speed  $v$  is approximately calculated by the provided speeds  $v$  multiplied by a pertinent coefficient  $S$ . The other is calculated by the conventional calculation, the speed  $V$  provided thereby can simply be corrected and therefore, the expense is not taken so much. However, a pertinent value of the coefficient  $S$  differs by etching conditions and therefore, pertinent trial and error is needed. When the coefficient  $S$  is large, it is signified that the time  $\Delta t$  is short, further, when the coefficient  $S$  is small, it is signified that the time  $\Delta t$  is long.

[0049]

When the coefficient  $S$  is set as  $S=1$ , slope-down as shown by Fig. 3 is produced. At this occasion, the depth is about  $0.2 \mu m$ . When the coefficient  $S$  is set as  $S=2$  under the same conditions, contrary thereto, there is provided a result

in which the edge is processed to be higher by about  $0.5\text{ }\mu\text{m}$  and when the coefficient  $S$  is set as  $S=3$ , there is provided a result in which the edge is processed to be higher by about  $1.0\text{ }\mu\text{m}$ . As a result, the rate can properly be processed without producing slope-down or an increase in edge height by the coefficient between  $S=1.1$  through  $S=1.5$ .

[0050]

[Effect of the Invention]

The local etching method according to the invention is based on the knowledge that according to the conventional local etching method, when the nozzle is disposed at the vicinity of the outer edge of the semiconductor wafer, the etching rate profile is deformed and according to the invention, there is achieved an effect of preventing occurrence of excessive material removal caused by the deformation. Further, as a result, there is achieved an effect of providing the accurate planarization over an entire area of the semiconductor including the outer edge of the semiconductor wafer.

[Brief Description of the Drawings]

Fig. 1 is an explanatory view for explaining principle of a wafer planarizing method by plasma etching;

Fig. 2 is a graph showing an amount (depth) of a semiconductor wafer material per unit time removed by injected



activated species gas, that is, a distribution of an etching rate;

Fig. 3 is an explanatory view showing that a corner portion slopes down by excessive material removal at a vicinity of an outer edge  $W_c$  by a conventional local etching method;

Fig. 4 is an explanatory view showing an outline of a local etching apparatus;

Fig. 5 is an explanatory view showing a distance  $\varepsilon$  from a center of a nozzle to the outer edge  $W_c$  of a semiconductor wafer and deformation of an etching rate profile in that case along with Fig. 6 and Fig. 7;

Fig. 6 is an explanatory view showing a distance  $\varepsilon$  from a center of a nozzle to the outer edge  $W_c$  of a semiconductor wafer and deformation of an etching rate profile in that case along with Fig. 5 and Fig. 7;

Fig. 7 is an explanatory view showing a distance  $\varepsilon$  from a center of a nozzle to the outer edge  $W_c$  of a semiconductor wafer and deformation of an etching rate profile in that case along with Fig. 5 and Fig. 6;

Fig. 8 is a plane view showing a semiconductor wafer  $W$ , a locus of a nozzle and very small areas;

Fig. 9 is an enlarged view enlarging a portion of Fig. 8; and

Fig. 10(a) shows an etching rate profile and Fig. 10(b)

is an explanatory view showing a very small area  $\Delta B$  subdivided by a pitch  $p$ .

[Explanation of Letters or Numerals]

- 1 Plasma generator
- 2 Alumina discharge tube
- 3 Gas supply apparatus
- 4 Chamber
- 5 X-Y drive mechanism
- 10 Microwave oscillator
- 11 Waveguide
- 13 Stub tuner
- 14 Isolator
- 20a Opening
- 30 Supply pipe
- 31 Cylinder
- 32 Valve
- 33 Flow rate controller
- 40 Wafer table
- 41, 45 Vacuum pumps
- 42 Hole
- 43 O-ring
- 44 Duct
- 49 Control computer

50 X drive motor

51 Y drive motor

100 Plasma generating portion

101, 20 Nozzles

120 Stage

201 Nozzle locus

D Etching amount

E Etching rate

G Activated species gas

M Microwave

W Semiconductor wafer

p Pitch

v Relative speed

Wc Outer edge

Wv Imaginary area

FIG. 1

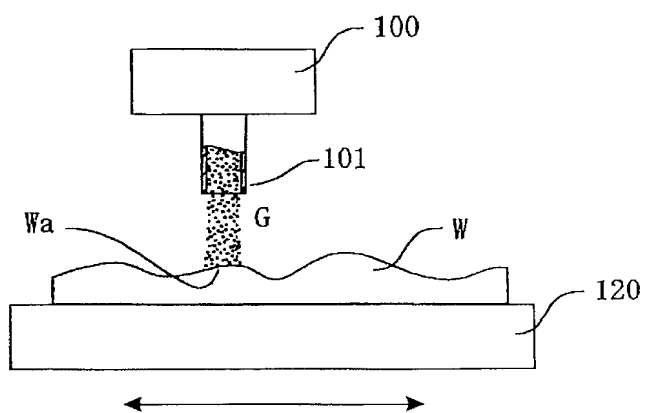


FIG. 2

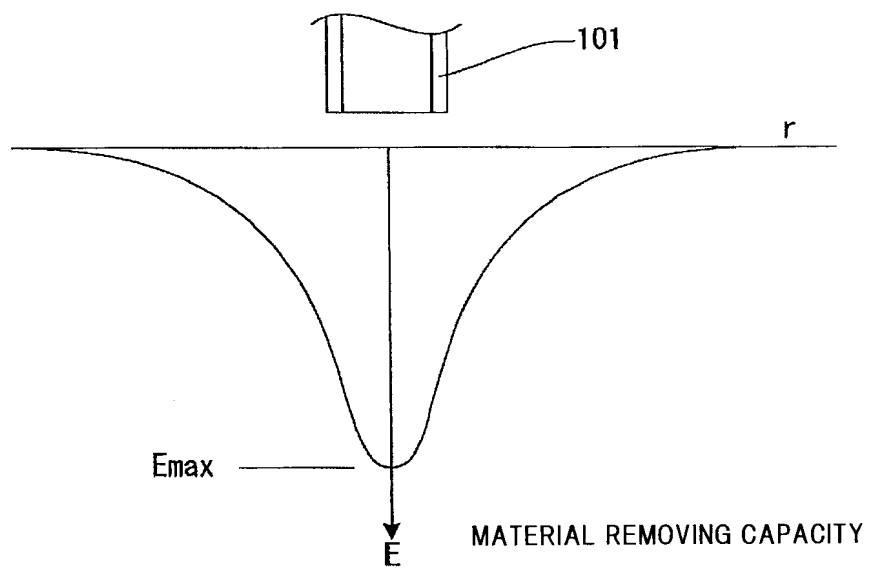




FIG. 5

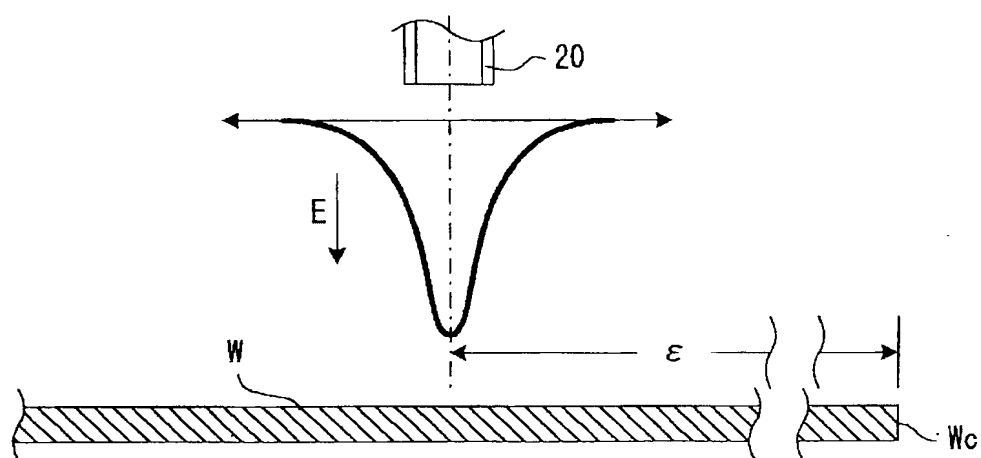


FIG. 6

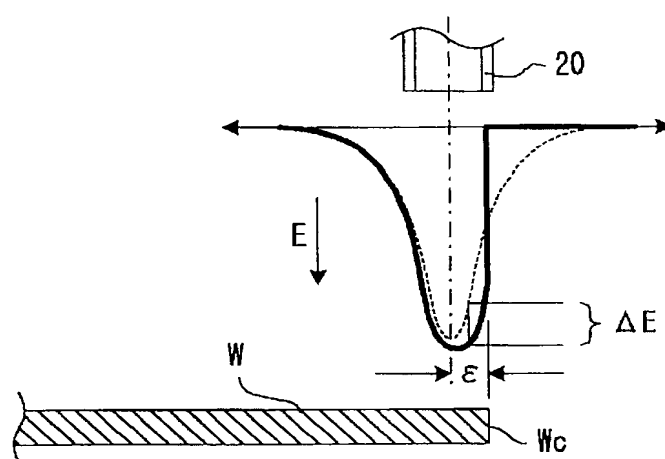


FIG. 7

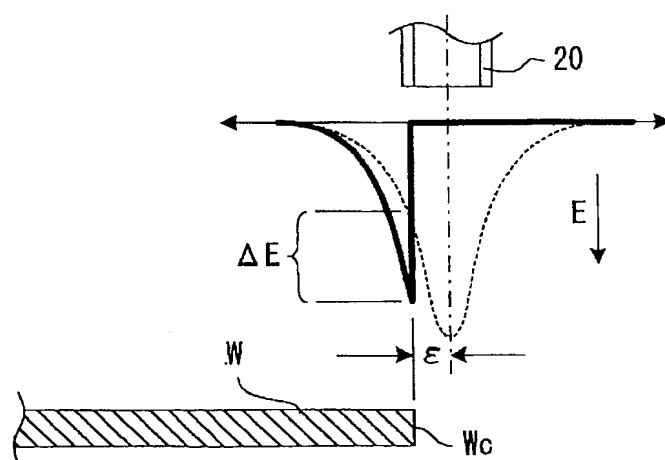


FIG. 8

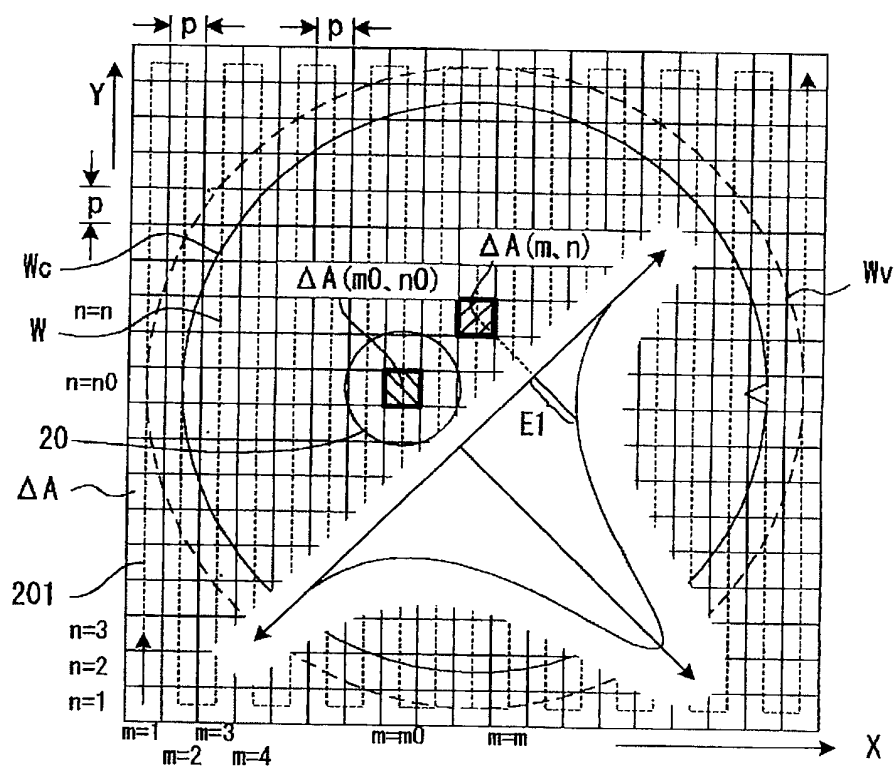


FIG. 9

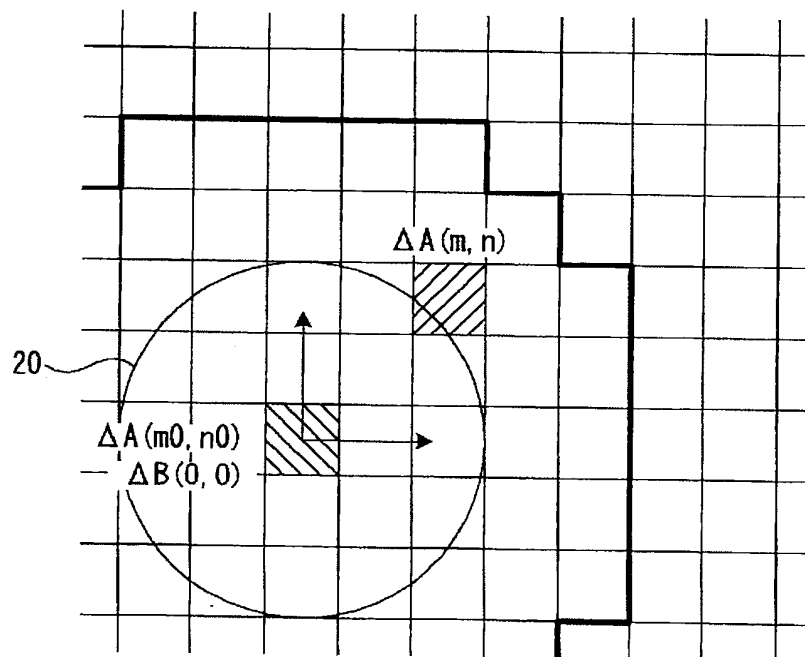
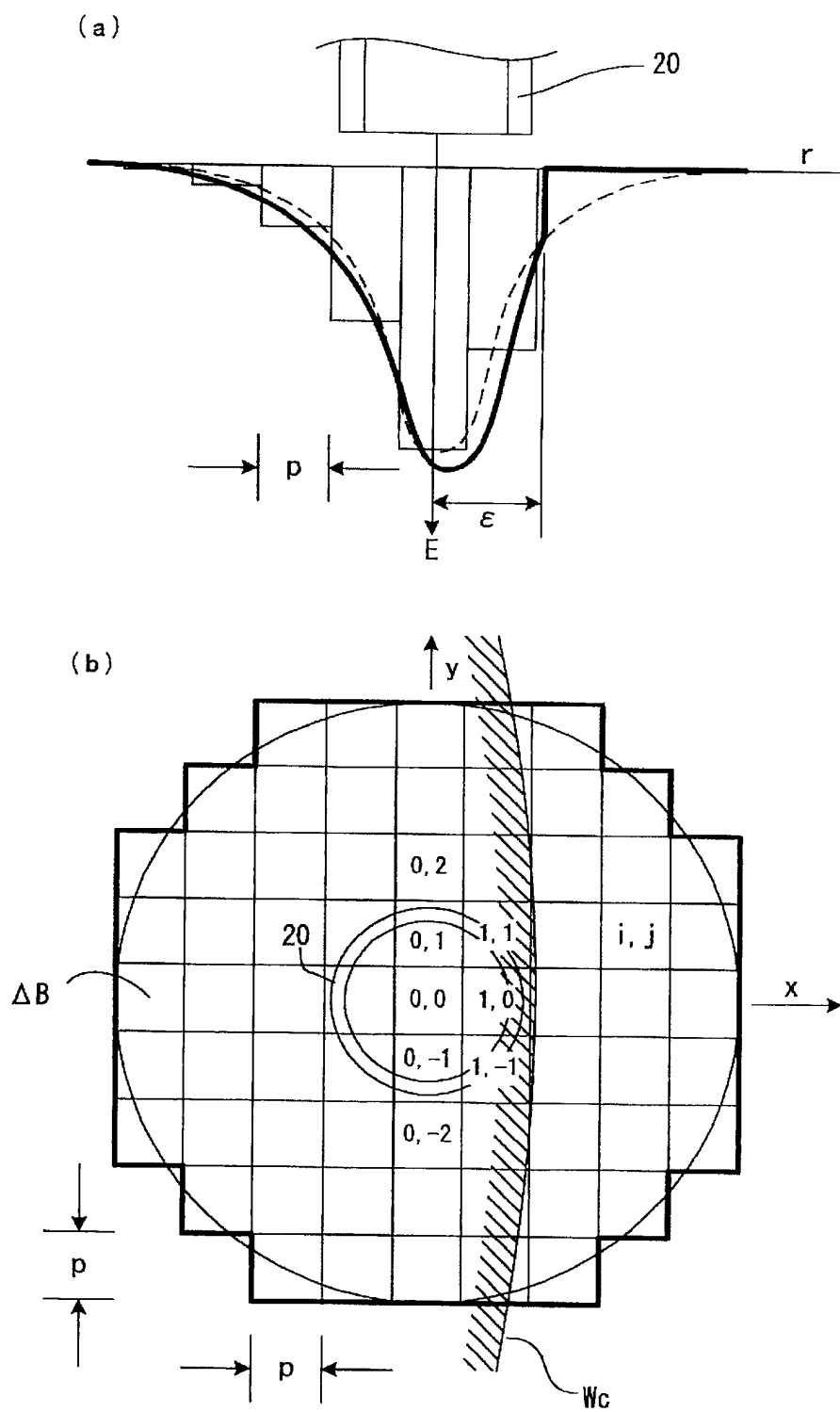


FIG. 10





[Name of Document]        ABSTRACT OF THE DISCLOSURE

[Abstract]

[Problem]    To improve a problem that according to a conventional technology, an accurate planarization is not achieved since an etching rate profile is assumed to be the same regardless of a position of a nozzle relative to a semiconductor wafer.

[Solving Means]    Since the etching rate profile is deformed by being influenced by a distance  $\varepsilon$ , a degree of deformation of the etching rate profile is previously calculated for respective position (distance  $\varepsilon$ ) of a nozzle 20 and an etching rate  $E$  calculated thereby is used in calculating nozzle speed  $v$  at a vicinity of an outer edge  $Wc$ .

[Selected Drawing]    Fig. 10

【書類名】 特許願

【整理番号】 SF00264

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21 302

H01L 21 3065

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県綾瀬市早川2 6 4 7 スピードファム株式会社  
内

【氏名】 柳澤 道彦

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県綾瀬市早川2 6 4 7 スピードファム株式会社  
内

【氏名】 田中 誓

【特許出願人】

【識別番号】 000107745

【住所又は居所】 神奈川県綾瀬市早川2 6 4 7

【氏名又は名称】 スピードファム株式会社

【代表者】 東城 良介

【代理人】

【識別番号】 100108730

【弁理士】

【氏名又は名称】 天野 正景

【電話番号】 03-3585-2364

【代理人】

【識別番号】 100092299

【弁理士】

【氏名又は名称】 貞重 和生

【電話番号】 03-3585-2364

整理番号＝S F O O 2 6 4

提出日 平成 1 3 年 2 月 2 3 日  
特願2001-047674 頁: 2 2

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 049021

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0014505

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 局所エッチング方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 活性種ガスを半導体ウェーハの表面に向けて噴射するためのノズルと、

半導体ウェーハを支持するためのステージと、

上記半導体ウェーハの表面に沿う面内において、上記半導体ウェーハに対して上記ノズルを相対的に移動させるために、上記ステージ及び上記ノズルのいずれか一方又は両方を駆動するための駆動装置と、

上記半導体ウェーハ上の予め定められた各領域における厚さ分布データに基づいて、上記半導体ウェーハ厚さが相対的に厚い領域ではノズルがより低速で相対移動するように、また、相対的に薄い領域ではノズルが、より高速で相対移動するように、上記駆動装置の駆動速度を演算してこれを出力するための演算装置と、

上記演算装置から出力された上記駆動速度をもって上記駆動速度を制御するための制御装置と、

を備えた局所ドライエッチング装置のための局所エッチング方法において、

上記演算装置では、上記活性種ガスが半導体ウェーハの材料を除去する除去速度の分布であって、半導体ウェーハの外縁と上記ノズルとの距離毎に求められたエッチングレートを使用して、上記駆動速度が演算されることを特徴とする局所エッチング方法。

【請求項2】 活性種ガスを半導体ウェーハの表面に向けて噴射するためのノズルと、

半導体ウェーハを支持するためのステージと、

上記半導体ウェーハの表面に沿う面内において、上記半導体ウェーハに対して上記ノズルを相対的に移動させるために、上記ステージ及び上記ノズルのいずれか一方又は両方を駆動するための駆動装置と、

上記半導体ウェーハ上の予め定められた各領域における厚さ分布データに基づいて、上記半導体ウェーハ厚さが相対的に厚い領域ではノズルがより低速で相対

移動するように、また、相対的に薄い領域ではノズルが、より高速で相対移動するように、上記駆動装置の駆動速度を演算してこれを出力するための演算装置と、

上記演算装置から出力された上記駆動速度をもって上記駆動速度を制御するための制御装置と、

を備えた局所ドライエッチング装置のための局所エッチング方法において、

上記演算装置は、上記活性種ガスが半導体ウェーハの材料を除去する除去速度の分布であって、半導体ウェーハの外縁と上記ノズルとの距離毎に求められたエッチングレートを使用して、上記駆動速度を演算するものであることを特徴とする局所エッチング装置。

【請求項3】 活性種ガスを半導体ウェーハの表面に向けて噴射するためのノズルと、

半導体ウェーハを支持するためのステージと、

上記半導体ウェーハの表面に沿う面内において、上記半導体ウェーハに対して上記ノズルを相対的に移動させるために、上記ステージ及び上記ノズルのいずれか一方又は両方を駆動するための駆動装置と、

上記半導体ウェーハ上の予め定められた各領域における厚さ分布データに基づいて、上記半導体ウェーハ厚さが相対的に厚い領域ではノズルがより低速で相対移動するように、また、相対的に薄い領域ではノズルが、より高速で相対移動するように、上記駆動装置の駆動速度を演算してこれを出力するための演算装置と、

上記演算装置から出力された上記駆動速度をもって上記駆動速度を制御するための制御装置と、

を備えた局所ドライエッチング装置のための局所エッチング方法において、

上記演算装置では、上記活性種ガスが半導体ウェーハの材料を除去する除去速度の分布であって、半導体ウェーハの外縁と上記ノズルとの距離に関わらず唯一のエッチングレートを使用して、上記駆動速度が演算され、この演算された駆動速度のうち、半導体ウェーハの外側の駆動速度には、更に係数が乗じられることを特徴とする局所エッチング方法

【請求項4】 活性種ガスを半導体ウェーハの表面に向けて噴射するためのノズルと、

半導体ウェーハを支持するためのステージと、

上記半導体ウェーハの表面に沿う面内において、上記半導体ウェーハに対して上記ノズルを相対的に移動させるために、上記ステージ及び上記ノズルのいずれか一方又は両方を駆動するための駆動装置と、

上記半導体ウェーハ上の予め定められた各領域における厚さ分布データに基づいて、上記半導体ウェーハ厚さが相対的に厚い領域ではノズルがより低速で相対移動するように、また、相対的に薄い領域ではノズルが、より高速で相対移動するように、上記駆動装置の駆動速度を演算してこれを出力するための演算装置と、

上記演算装置から出力された上記駆動速度をもって上記駆動速度を制御するための制御装置と、

を備えた局所ドライエッチング装置において、

上記演算装置は、上記活性種ガスが半導体ウェーハの材料を除去する除去速度の分布であって、半導体ウェーハの外縁と上記ノズルとの距離に関わらず唯一のエッチングレートを使用して、上記駆動速度を演算し、この演算された駆動速度のうち、半導体ウェーハの外側の駆動速度には、更に係数を乗じるものであること

を特徴とする局所エッチング装置。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

この発明は、活性種ガスにより、半導体ウェーハ表面の凸部を局所的にエッチングして平坦化し、あるいは半導体ウェーハの相対的に厚い部分を局所的にエッチングして半導体ウェーハの厚さ分布を均一にするためのウェーハ平坦化技術、つまり、局所エッチング方法あるいは局所エッチング装置に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

図1は、プラズマを用いた局所エッチング法によるウェーハ平坦化方法の原理を説明するための説明図である。符号100はプラズマ発生部であり、プラズマ発生部100で発生したプラズマ中の活性種ガスGは、ノズル101から半導体ウェーハWの表面に噴射される。半導体ウェーハWはステージ120上に載置固定されており、ステージ120をノズル101に対して水平方向に制御された速度で移動させる。

#### 【0003】

最初、半導体ウェーハWの厚さは場所に応じて異なっている。エッチング加工に先立って、半導体ウェーハW毎に、その細分化された各領域における厚さが測定される。この測定により、各領域の位置とその位置の厚さのデータ、すなわち、位置－厚さデータが得られる。局所エッチング方法では、領域毎の材料除去量は、その領域が活性種ガスGに曝される時間に対応する。このため、半導体ウェーハに対してノズルが通過する相対速度（以下、ノズル速度という）は、相対的に厚い部分（以下、相対厚部という）Waの上では低速で、また、相対的に薄い部分では相対的に高速で、移動するような速度に決定される。

#### 【0004】

図2は、噴射される活性種ガスにより単位時間当たりに除去される半導体ウェーハ材料の量（深さ）、すなわちエッチングレート、の分布を示すグラフである。このエッチングレートプロファイルと呼ばれる曲線はガウス分布に非常に近い曲線である。この図2に示されるように、エッチングレートEはノズル101の中心線上において最大の値Emaxを有し、中心から半径r方向に遠ざかるにつれて減少する。

#### 【0005】

このように材料除去能力がノズル中心からの距離に応じ分布を示すために、一つの領域に対して要求される材料除去量は、一つの領域のノズル速度だけによっては決定することができない。つまり、一つの領域において、必要な材料除去が行われたとしても、隣の領域あるいは更にその隣の領域に対してエッチングが行われるとき、最初の領域についても上記エッチングレートプロファイルに応じた材料除去が行われるからである。

## 【0006】

このように、一つの領域には、他の全ての領域に対するエッチングの影響が及ぶので、これらの影響を全ての領域について重ね合わせた結果として各領域の表面の高さが互いに等しくなるように、ノズル速度が求められる

## 【0007】

## 【発明が解決しようとする課題】

従来、上記エッチングレートプロファイルは、半導体ウェーハに対するノズルの位置がどこにあっても不変なものとして扱われてきた。ところが多くのシリコン半導体ウェーハを加工するうち、例えば、図3に点線で囲って示したように外縁We近傍では過剰な材料除去によって角部がザレる傾向が認められるように、半導体ウェーハの外縁近傍では期待したような平坦度が得られないことがわかってきた

## 【0008】

これは、ノズルが半導体ウェーハの外縁近傍にあるときには、エッチングレートプロファイルが変形するにもかかわらず、従来技術ではエッチングレートプロファイルが同じであると仮定していたことに原因があるとの知見を得た。

## 【0009】

本発明は、上記知見に基づいて従来の局所エッチング方法を改善することにより、半導体ウェーハ外縁を含んで正確な平坦度が得られるような局所エッチング方法及び局所エッチング装置を提供することを課題とする。

## 【0010】

## 【課題を解決するための手段】

上記課題は以下の手段によって解決することができる。すなわち、第1番目の発明の解決手段は、活性種ガスを半導体ウェーハの表面に向けて噴射するためのノズルと、半導体ウェーハを支持するためのステージと、上記半導体ウェーハの表面に沿う面内において、上記半導体ウェーハに対して上記ノズルを相対的に移動させるために、上記ステージ及び上記ノズルのいずれか一方又は両方を駆動するための駆動装置と、上記半導体ウェーハ上の予め定められた各領域における厚さ分布データに基づいて、上記半導体ウェーハ厚さが相対的に厚い領域ではノズ



ルがより低速で相対移動するように、また、相対的に薄い領域ではノズルが、より高速で相対移動するように、上記駆動装置の駆動速度を演算してこれを出力するための演算装置と、上記演算装置から出力された上記駆動速度をもって上記駆動速度を制御するための制御装置と、を備えた局所ドライエッチング装置のための局所エッチング方法において、上記演算装置では、上記活性種ガスが半導体ウェーハの材料を除去する除去速度の分布であって、半導体ウェーハの外縁と上記ノズルとの距離毎に求められたエッチングレートを使用して、上記駆動速度が演算される。

#### 【0011】

第2番目の発明の解決手段は、活性種ガスを半導体ウェーハの表面に向けて噴射するためのノズルと、半導体ウェーハを支持するためのステージと、上記半導体ウェーハの表面に沿う面内において、上記半導体ウェーハに対して上記ノズルを相対的に移動させるために、上記ステージ及び上記ノズルのいずれか一方又は両方を駆動するための駆動装置と、上記半導体ウェーハ上の予め定められた各領域における厚さ分布データに基づいて、上記半導体ウェーハ厚さが相対的に厚い領域ではノズルがより低速で相対移動するように、また、相対的に薄い領域ではノズルが、より高速で相対移動するように、上記駆動装置の駆動速度を演算してこれを出力するための演算装置と、上記演算装置から出力された上記駆動速度をもって上記駆動速度を制御するための制御装置と、を備えた局所ドライエッチング装置において、上記演算装置は、上記活性種ガスが半導体ウェーハの材料を除去する除去速度の分布であって、半導体ウェーハの外縁と上記ノズルとの距離毎に求められたエッチングレートを使用して、上記駆動速度を演算するものである。

#### 【0012】

第3番目の発明の解決手段は、活性種ガスを半導体ウェーハの表面に向けて噴射するためのノズルと、半導体ウェーハを支持するためのステージと、上記半導体ウェーハの表面に沿う面内において、上記半導体ウェーハに対して上記ノズルを相対的に移動させるために、上記ステージ及び上記ノズルのいずれか一方又は両方を駆動するための駆動装置と、上記半導体ウェーハ上の予め定められた各領

域における厚さ分布データに基づいて、上記半導体ウェーハ厚さが相対的に厚い領域ではノズルがより低速で相対移動するように、また、相対的に薄い領域ではノズルが、より高速で相対移動するように、上記駆動装置の駆動速度を演算してこれを出力するための演算装置と、上記演算装置から出力された上記駆動速度をもって上記駆動速度を制御するための制御装置と、を備えた局所ドライエッチング装置のための局所エッチング方法において、上記演算装置では、上記活性種ガスが半導体ウェーハの材料を除去する除去速度の分布であって、半導体ウェーハの外縁と上記ノズルとの距離に関わらず唯一のエッチングレートを使用して、上記駆動速度が演算され、この演算された駆動速度のうち、半導体ウェーハの外側の駆動速度には、更に係数が乗じられる

#### 【0013】

第4番目の発明の解決手段は、活性種ガスを半導体ウェーハの表面に向けて噴射するためのノズルと、半導体ウェーハを支持するためのステージと、上記半導体ウェーハの表面に沿う面内において、上記半導体ウェーハに対して上記ノズルを相対的に移動させるために、上記ステージ及び上記ノズルのいずれか一方又は両方を駆動するための駆動装置と、上記半導体ウェーハ上の予め定められた各領域における厚さ分布データに基づいて、上記半導体ウェーハ厚さが相対的に厚い領域ではノズルがより低速で相対移動するように、また、相対的に薄い領域ではノズルが、より高速で相対移動するように、上記駆動装置の駆動速度を演算してこれを出力するための演算装置と、上記演算装置から出力された上記駆動速度をもって上記駆動速度を制御するための制御装置と、を備えた局所ドライエッチング装置において、上記演算装置は、上記活性種ガスが半導体ウェーハの材料を除去する除去速度の分布であって、半導体ウェーハの外縁と上記ノズルとの距離に関わらず唯一のエッチングレートを使用して、上記駆動速度を演算し、この演算された駆動速度のうち、半導体ウェーハの外側の駆動速度には、更に係数を乗じるものである

#### 【0014】

#### 【発明の実施の形態】

#### 実施例1

以下、この発明の実施形態について図面を参照して説明する。図4は、半導体ウェーハ表面の凹凸を除去するための局所エッチング装置の概略を示す説明図である。

#### 【0015】

局所エッチング装置は、プラズマ発生器1、ガス供給装置3、X-Y駆動機構5を具備している。プラズマ発生器1はアルミナ放電管2内のガスをプラズマ化させて中性ラジカルを含んだ活性種ガスGを生成するための機器であり、マイクロ波発振器10と導波管11とを備えている。マイクロ波発振器10は、マグネトロンであり、所定周波数のマイクロ波Mを発振することができる。

#### 【0016】

導波管11は、マイクロ波発振器10から発振されたマイクロ波Mを伝搬するためのもので、アルミナ放電管2に外挿されている。導波管11の左側端内部には、マイクロ波Mを反射して定在波を形成する反射板（ショートプランジヤー）12が取り付けられている。更に、導波管11の中途には、マイクロ波Mの位相合わせを行うスタブチューナ13と、マイクロ波発振器10に向かう反射マイクロ波Mを90°方向に（図1の表面方向）に曲げるアイソレータ14とが取り付けられている。

#### 【0017】

アルミナ放電管2は、下端部にノズル20が形成された円筒体であり、上端部には、ガス供給装置3の供給パイプ30が連結されている。ガス供給装置3は、アルミナ放電管2内にガスを供給するための装置であり、SF<sub>6</sub>（六フッ化硫黄）ガスのポンプ31を有し、ポンプ31がバルブ32と流量制御器33を介して供給パイプ30に連結されている。なお、六フッ化硫黄ガスは、このように単独のガスとすることもできるが、供給パイプ30に他のガスを同時に供給し、六フッ化硫黄ガスを含んだ混合ガスとすることもできる。

#### 【0018】

ガス供給装置3からアルミナ放電管2にガスを供給すると共に、マイクロ波発振器10によってマイクロ波Mを発振すると、アルミナ放電管2内においてガスのプラズマ化が行われる。プラズマ化によって生成された活性種ガスGがノズル

20から噴射される。

#### 【0019】

半導体ウェーハWは、チャンバー4内のウェーハテーブル40上に配置され、ウェーハテーブル40に静電気力によって吸着される。チャンバー4には、真空ポンプ41がとりつけられており、この真空ポンプ41によってチャンバー4内を真空にする（減圧する）ことができる。また、チャンバー4の上面中央部には、孔42が穿設され、この孔42を通してアルミナ放電管2のノズル20がチャンバー4内に挿入されている。孔42とアルミナ放電管2との間にはOリング43が装着され、孔42とアルミナ放電管2との間が気密に保持されている。孔42に挿入されたノズル20の周囲にはダクト44が設けられている。ダクト44には他の真空ポンプ45が接続されており、エッチング時の反応生成ガスはダクト44を通してチャンバー4の外部に排出される。

#### 【0020】

X-Y駆動機構5がチャンバー4内に配されており、ウェーハテーブル40の下方からこれを支持している。このX-Y駆動機構5は、そのX駆動モータ50によってウェーハテーブル40を図4の左右方向に移動させ、そのY駆動モータ51によってウェーハテーブル40とX駆動モータ50とを一体に図4の紙面表裏方向に移動させる。すなわち、このX-Y駆動機構5によってノズル20を半導体ウェーハWに対して相対的にX-Y方向に移動させることができる。

#### 【0021】

ガス供給装置3のバルブ32を開くと、ポンプ31内のSF<sub>6</sub>ガスが供給パイプ30に流出して、アルミナ放電管2に供給される。SF<sub>6</sub>ガスの流量はバルブ32の開度によって調整される。

#### 【0022】

上記SF<sub>6</sub>ガス又はこの混合ガスの供給作業と平行して、マイクロ波発振器10を駆動する。アルミナ放電管2内のSF<sub>6</sub>ガスがマイクロ波Mによってプラズマ化される。ガスのプラズマ化によって、中性のF（フッ素）ラジカルを含んだ活性種ガスGが生成される。活性種ガスGはアルミナ放電管2のノズル20に案内されて、ノズル20の開口20aから半導体ウェーハWの表面に向けて噴射さ

れる

### 【0023】

活性種ガスの噴射と平行して、制御コンピュータ49によってX-Y駆動機構5が制御され、ウェーハテーブル40は決められた軌跡に沿って予め計算された速度（後述）で移動する。

### 【0024】

噴射された活性種ガスは半導体ウェーハの表面の材料と化学反応を起こす。この化学反応によって生成した生成物はガス状であるため、この生成ガスをその場から容易に除去する（流し去る）ことができる。これによって半導体ウェーハWの表面から材料が除去される。除去される量は材料表面が活性種ガスに曝される時間に実質的に比例するので、半導体ウェーハWとノズル20との相対速度を制御することによって、除去量を制御する。この相対速度は、予め測定されている半導体ウェーハWの凹凸のデータ、すなわち、位置-厚さデータ、に基づいて決定される。

### 【0025】

本発明は、エッチングレートプロファイルは常に軸対象になるとする従来の考えが部分的に誤っており、そうでなく、これはノズル中心から外縁までの距離 $\delta$ に依存し、軸対称にならないという新しい知見に基づいている。図5、図6及び図7は、ノズル中心から半導体ウェーハの外縁Wcまでの距離 $\delta$ とその場合のエッチングレートプロファイルの変形を示した説明図である。

### 【0026】

距離 $\delta$ と外縁Wcとが十分に離れている場合、ノズル20上に視点を置いて半導体ウェーハの表面を見るとき、この表面は実質的に無限の広がりをもつ特徴のない単なる平面に見える。このため、ノズル20から噴出した活性種ガスは、半導体ウェーハに衝突して流れの向きを変えた後半導体ウェーハの表面に沿って均等に広がるように流れる。したがって、活性種ガスの流れはノズル20の中心軸に関して対称であり、このため、エッチングレートEもノズル軸に関して対称になる。

### 【0027】

ところが、半導体ウェーハの外縁Wcに接近した位置では、上とは事情が異なる。活性種ガスの流れは、半導体ウェーハの形状の影響を受ける。半導体ウェーハの外縁Wcに近接した位置では、ノズル20の中心軸上に視点を置いて半導体ウェーハの表面を見たとき、外縁Wcが視野に入り、もはや半導体ウェーハは無限の広がりをもった特徴のない平面と見ることはできない。このため、活性種ガスの流れは軸対称にならず、エッチングレートEの分布も軸対称にはならない。つまり、エッチングレートプロファイルが変形する。

#### 【0028】

エッチングレートプロファイルの変形は、更に別な要因からも引き起こされる。活性種ガスを半導体ウェーハに吹き付けたとき、ガス中の活性種は一定の頻度でもってシリコン原子と衝突して化学反応を起こす。活性種は化学反応によって別な化合物（気体）になり活性を失う。半導体ウェーハ表面に接近した空間で長らく留まった活性種ガスと、半導体ウェーハ表面から離れた空間に留まった活性種ガスとを比較すると、その中に含まれる活性種の割合が異なる。このため、活性種ガスの任意の塊に着目すると塊毎に全体としての化学的活性が異なる。

#### 【0029】

ガスの流れには一方ではランダム性があり、局所エッチング装置のチャンバー内には不規則で、複雑な流れが生じる。チャンバー内に噴出されたばかりの新しいガスと噴出後しばらく時間がたって活性種濃度が低くなった古いガスとの間にはどうしても混合が生じる。このため半導体ウェーハに衝突した一部のガス（あるいは活性種）はノズルの近傍に再び還り、そこで新しいガスと合流、混合する。半導体ウェーハの外縁Wcの外側に活性種ガスが流れた場合、そこにシリコンが存在しなかったため、活性種が消費されていない。このような活性種が消費されていないガスが、チャンバー内を漂いノズルに接近し、噴出したばかりの新しいガスと混合すると、活性種の割合が増える。このため、この活性種ガスの活性が増加し、このガスが半導体ウェーハ表面に吹き付けられるとき部分的にエッチングレートが増大する。この結果エッチングレートプロファイルが変形する。

#### 【0030】

図5は、ノズル中心が外縁Wcと十分な距離 $\delta$ だけ離れている場合を示してお

り、エッチングレートプロファイルに外縁 $W_c$ の影響が及ばず、実質的にその対称性が維持されている。図6は、ノズル中心が半導体ウェーハの上にあるものの外縁 $W_c$ に近づいたため、外縁 $W_c$ の影響を受けてエッチングレートプロファイルが変形している例を示す。図6には、比較のため図5のエッチングレートプロファイルを点線で示す。なお、外縁 $W_c$ の外側（右側）では、半導体ウェーハが存在しないためエッチングレート $E$ がゼロである。外縁 $W_c$ の内側では同じ位置でエッチングレート $E$ が $\Delta E$ だけ増加しているのがわかる。

#### 【0031】

図7は、ノズル中心が半導体ウェーハの上から外にあって外縁 $W_c$ に近いときの例である。図6と同様にエッチングレートプロファイルが変形しており、エッチングレート $E$ が $\Delta E$ だけ増加している。

#### 【0032】

本発明では、このようなノズル中心と外縁 $W_c$ との距離 $\delta$ に応じて異なるエッチングレート $E$ を用いて相対的なノズルの速度 $v$ が求められる。

#### 【0033】

図8は、半導体ウェーハ $W$ 、ノズル軌跡201及び微小領域 $\Delta A$ を表した平面図である。なお、この図8には、微小領域 $\Delta A(m0, n0)$ と微小領域 $\Delta A(m, n)$ の各中心を通る線に沿ったエッチングレートプロファイルが示されている。これは、中心が微小領域 $\Delta A(m0, n0)$ 上にあるノズルによって、右上の微小領域 $\Delta A(m, n)$ がエッチングレート $E1$ でエッチングされることを示している。既に説明したように、本発明では、エッチングレート $E1$ が、従来のように、そのときのノズル中心と着目しているエッチングされる微小領域 $\Delta A(m, n)$ との相対位置の影響を受けるだけとは考えられていない。本発明では、エッチングレート $E1$ が、これらの影響の他に、外縁 $W_c$ とノズルの中心との距離 $\delta$ の影響を受けて、これらの関係毎に異なった値をとるものとして、相対速度 $v$ が計算される。

#### 【0034】

半導体ウェーハ $W$ の外側には、半導体ウェーハ $W$ よりノズルの実効的エッチング半径だけ大きい仮想的領域 $Wv$ が想定され、仮想的領域 $Wv$ を十分に覆うよう

にヒッチ  $p$  の升目が想定される。升目のそれぞれに番号  $m$  及び  $n$  を付すことにより、異なる微小領域を代表させる。例えば、左から  $m$  番目下から  $n$  番目微小領域は  $\Delta A(m, n)$  のように、また、その微小領域  $\Delta A(m, n)$  のノズル速度は  $v(m, n)$  のように表記する。通常、微小領域  $\Delta A$  は半導体ウェーハ座標上に縦横方向に同数だけ仮定されるのでこの数を  $k$  とすると、 $m, n$  は、 $1 \leq m \leq k$ 、 $1 \leq n \leq k$  の値をとる。

#### 【0035】

図9は、図8の一部を拡大した拡大図である。図10(a)は、エッチングレートプロファイルの横軸を、図8におけるヒッチ  $p$  と同じヒッチで細分化したグラフである。(b)は、ノズルの軸線上に視点を置いたとき、ヒッチ  $p$  の細分化によって分けられた微小領域  $\Delta B$  を表す。各微小領域に対応させて、図8の場合と同様に、番号  $i$  及び  $j$  を用い  $\Delta B(i, j)$  と表記する。例えば、中心の微小領域は  $\Delta B(0, 0)$  のように、また、その右上の微小領域は  $\Delta B(1, 1)$  のように表記される。また、微小領域  $\Delta B(i, j)$  におけるエッチングレート  $E$  は  $E(i, j)$  のように表記する。

#### 【0036】

エッチングレート  $E$  の値はその領域における値を最も良く代表する値をもって表す。図10(b)における太線はエッチングが及ぶ最外縁を表している。つまりこの太線の外ではノズル20が外縁  $Wc$  に対してどのような位置にあっても活性種ガスは太線の外ではエッチングの能力を有しない。

#### 【0037】

エッチングレートプロファイルは、距離  $\delta$  の影響を受けて変形するので、エッチングレートプロファイルの変形の程度をノズル20の位置すなわち距離  $\delta$  毎に予め求めておく。後述の相対速度  $v$  の計算において、外縁  $Wc$  近傍ではこうして求めたエッチングレート  $E$  を用いる。更に、外縁  $Wc$  の接線が傾くような位置にノズルが存在する場合は、エッチングレートのデータをその角度だけ座標回転させて得られたエッチングレート  $E$  を用いる。

#### 【0038】

今、ノズル20の中心が、時間  $\Delta t(m0, n0)$  だけかけて一つの微小領域



$\Delta A(m_0, n_0)$  を通過するとき、これと離れた微小領域  $\Delta A(m, n)$  がエッチングされる量(深さ)  $\Delta D(m, n)$  を考える(図7参照)。ノズル20の中心は微小領域  $\Delta B(0, 0)$  であるから、この微小領域  $\Delta B(0, 0)$  と微小領域  $\Delta A(m_0, n_0)$  とは丁度重なり合う。微小領域  $\Delta A(m, n)$  をノズル上で見たときの位置  $i$  及び  $j$  は、それぞれ  $i = m - m_0$ 、 $j = n - n_0$  であるから、この微小領域  $\Delta A(m, n)$  に対するエッチングレート  $E$  は  $E(m - m_0, n - n_0)$  で表される。

【0039】

したがって、 $\Delta D(m, n)$  は、

【数1】

$$\Delta D(m, n) = E(m - m_0, n - n_0) * \Delta t(m_0, n_0) \quad \cdots \text{数式1}$$

のように表される。

【0040】

ノズル20が微小領域  $\Delta A$  のそれぞれの上を通過するとき、今着目している微小領域  $\Delta A(m, n)$  には、ノズルの位置毎に量  $\Delta D$  のエッチングが行われる。したがって、この着目している微小領域  $\Delta A(m, n)$  が被る全てのエッチング量  $D(m, n)$  は、ノズルの位置毎の  $\Delta D$  を全てたし合わせるにより求められる。すなわち、

【数2】

$$\Delta D(m, n) = \sum_{m_0=0, n_0=0}^{m_0=k, n_0=k} E(m - m_0, n - n_0) * \Delta t(m_0, n_0) \quad \cdots \text{数式2}$$

である。

【0041】

微小領域  $\Delta A$  をノズル20が通過するときの速度  $v$  (ただし、縦又は横のどちら

らかの方向だけの移動速度)、通過に要する時間 $\Delta t$ 及びピッチ $p$ は、 $p = v \cdot \Delta t$ の関係にあるから、速度 $v$ が全てわかっているときには、上記数式2を用いて、簡単に各微小領域についての材料除去の深さを求めることができる

#### 【0042】

逆に、予め必要な材料除去の深さが与えられ、各微小領域についての速度 $v$ を求めるときには、上記数式2を連立1次方程式として解いて、各微小領域の通過時間 $\Delta t$ を求め、これからそれぞれの微小領域の速度 $v$ を求める。

#### 【0043】

局所エッチング装置は、通常、半導体ウェーハの表面を平坦化するために用いられる。このため、各半導体ウェーハ $W$ について、各微小領域毎の凹凸の量すなわち厚さが予め測定され、半導体ウェーハ毎に一つの位置－厚さデータとして与えられる。位置－厚さデータから必要な材料除去の深さが決まるので、上記数式2の連立1次方程式を解くことになる。本来は材料が存在しない半導体ウェーハの外縁の外側に、仮想的な領域 $W_v$ があり、この領域 $W_v$ は、これに最も近い外縁内側領域の厚さと等しい厚さをもつものと仮定して、速度 $v$ を求める。

#### 【0044】

この計算は、結局多元連立1次方程式を解くことになるのでそれほど容易なことではないが、市販のアプリケーションプログラムソフトを使用することができる。なお、ここで重要なのは全ての微小領域の厚さが等しいようにエッチングすることである。したがって、各微小領域の材料除去深さ $D(m, n)$ は絶対的でなく、適宜他の微小領域との関係において相対的に決定することができる。

#### 【0045】

上記微小領域内では、厚さ、エッチングレートは変化しない一定値として近似的に扱われている。このため、ピッチ $p$ を小さくして微小領域の数を増やせばより精密な解を得ることができるが、数値計算に時間がかかるようになるので、程良い大きさのピッチ $p$ を決める

#### 【0046】

図8には、ジグザグ状のノズル軌跡201が示されている。各微小領域の材料除去深さ $D(m, n)$ を決定するのは時間 $\Delta t$ である。各微小領域における速度

$v$ はこの時間 $\Delta t$ だけその微小領域上にノズルを存在させるためのものである。また、材料除去深さ $D(m, n)$ はエッチングの順序にも依存しない。このため、各微小領域におけるノズルの移動方向は縦横いずれでもよく、全て微小領域について必要な深さの材料除去ができるなら、任意の軌跡を選ぶことができる。したがって、ここに示された軌跡は一例でしかない。

#### 【0047】

##### 実施例2

上に説明したように、この局所エッチング方法では、複数のエッチングレートプロファイルすなわちエッチングレート $E(i, j)$ を用いている。実施例2では、代わりに、数式2の係数を決定するための唯一のプロファイルデータとして、実施例1のように距離 $r$ と関係させることなく、半導体ウェーハの中央部に対応するエッチングレート $E(i, j)$ を使用することができる。他は実施例と同様である。

#### 【0048】

こうして、各微小領域について相対速度 $v$ を得た上で、仮想的な領域 $W_v$ においては、得られた速度 $v$ に適宜の係数 $S$ を乗じたものをもって近似的に速度 $v$ とする。この他については従来どおりの計算で済み、これによって得られた速度 $v$ は簡単に補正をすることができるので、それほど費用をかけないで済む。ただし、適切な係数 $S$ の値はエッチング条件により異なるため、適宜の試行錯誤が必要である。係数 $S$ が大きいときは時間 $\Delta t$ が短いことを、また、小さいときは時間 $\Delta t$ が長いことを意味する。

#### 【0049】

係数 $S$ を $S=1$ としたとき図3に示されるようなズレが生じる。このときズレの深さは $0.2\mu m$ 程度であった。同じ条件で $S=2$ としたときは、反対に $0.5\mu m$ 程度、 $S=3$ としたときは $1.0\mu m$ 程度縁が高く加工されるような結果が得られた。この結果、 $S=1.1$ から $S=1.5$ の間でズレも縁高もおきない適正な加工が可能である。

#### 【0050】

##### 【発明の効果】

本発明の局所エッチング方法は、従来の局所エッチング方法ではノズルが半導体ウェーハの外縁近傍にあるときには、エッチングレートプロファイルが変形するとの知見を基礎にしており、本発明ではこの変形によって生じる過剰な材料除去の発生が防止されるという効果を奏する。そして、その結果、半導体ウェーハ外縁を含んで半導体ウェーハ全域にわたって正確な平坦度が得られるという効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

プラズマエッチングによるウェーハ平坦化方法の原理を説明するための説明図である。

##### 【図 2】

噴射される活性種ガスにより単位時間当たりに除去される半導体ウェーハ材料の量（深さ）、すなわちエッチングレート、の分布を示すグラフである。

##### 【図 3】

従来の局所エッチング方法によって、外縁We近傍では過剰な材料除去によって角部が欠れることを示す説明図である。

##### 【図 4】

局所エッチング装置の概略を示す説明図である。

##### 【図 5】

図 6 及び図 7 とともに、ノズル中心から半導体ウェーハの外縁Weまでの距離  $r$  とその場合のエッチングレートプロファイルの変形を示した説明図である。

##### 【図 6】

図 5 及び図 7 とともに、ノズル中心から半導体ウェーハの外縁Weまでの距離  $r$  とその場合のエッチングレートプロファイルの変形を示した説明図である。

##### 【図 7】

図 5 及び図 6 とともに、ノズル中心から半導体ウェーハの外縁Weまでの距離  $r$  とその場合のエッチングレートプロファイルの変形を示した説明図である。

##### 【図 8】

半導体ウェーハW、ノズル軌跡及び微小領域を表した平面図である。

【図9】

図8の一部を拡大した拡大図である

【図10】

(a)は、エッチングレートプロファイルを表しており、(b)は、ピッチpで細分化された微小領域 $\Delta B$ を表す説明図である。

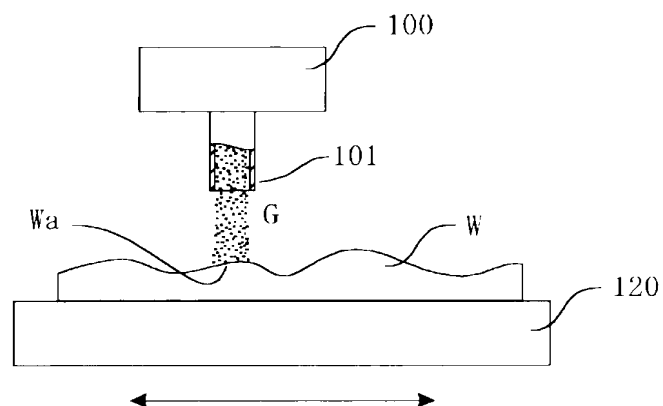
【符号の説明】

- 1 プラズマ発生器
- 2 アルミナ放電管
- 3 ガス供給装置
- 4 チャンバー
- 5 X-Y駆動機構
- 10 マイクロ波発振器
- 11 導波管
- 13 ステータチューナ
- 14 アイソレータ
- 20a 開口
- 30 供給パイプ
- 31 ポンプ
- 32 バルブ
- 33 流量制御器
- 40 ウェーハステージ
- 41、45 真空ポンプ
- 42 孔
- 43 Oーリング
- 44 ダクト
- 49 制御コンピュータ
- 50 X駆動モータ
- 51 Y駆動モータ
- 100 プラズマ発生部

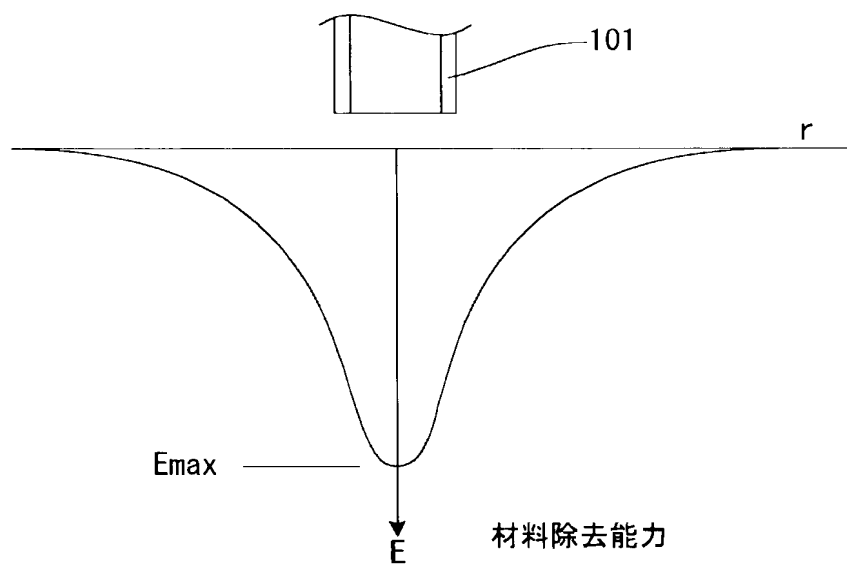
1 0 1、2 0 ノズル  
1 2 0 ステージ  
2 0 1 ノズル軌跡  
D エッチング量  
E エッチングレート  
G 活性種ガス  
M マイクロ波  
W 半導体ウェーハ  
p ピッチ  
v 相対速度  
W c 外縁  
W v 仮想的領域

【書類名】 図面

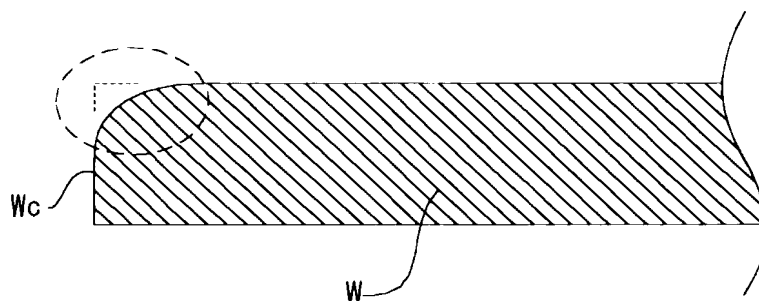
【図1】



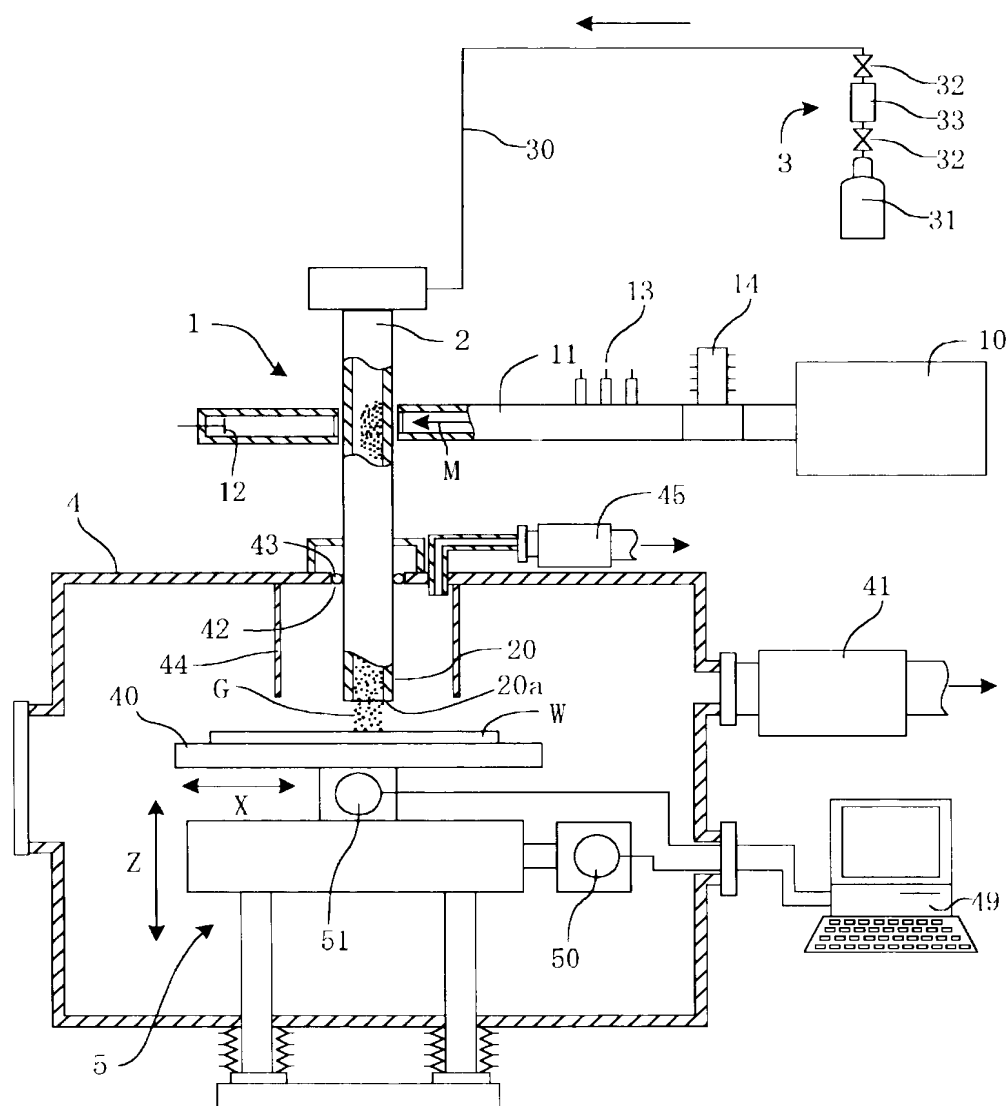
【図2】



【図 3】

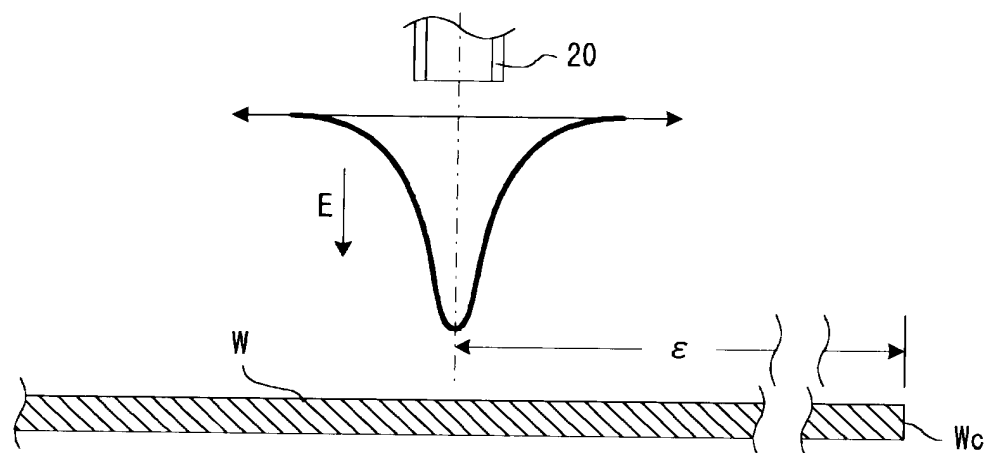


【図 4】

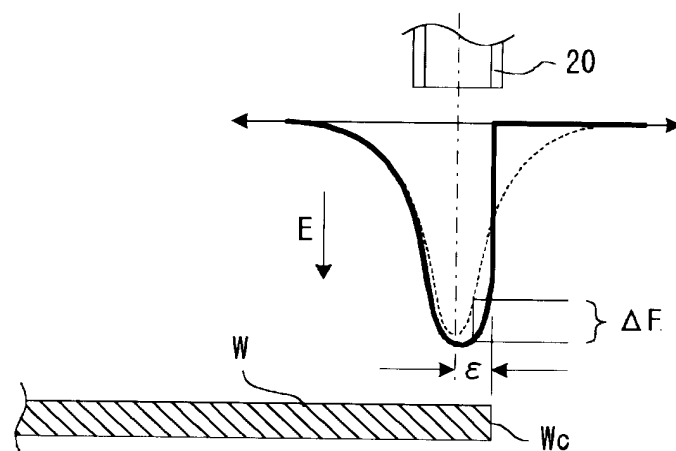




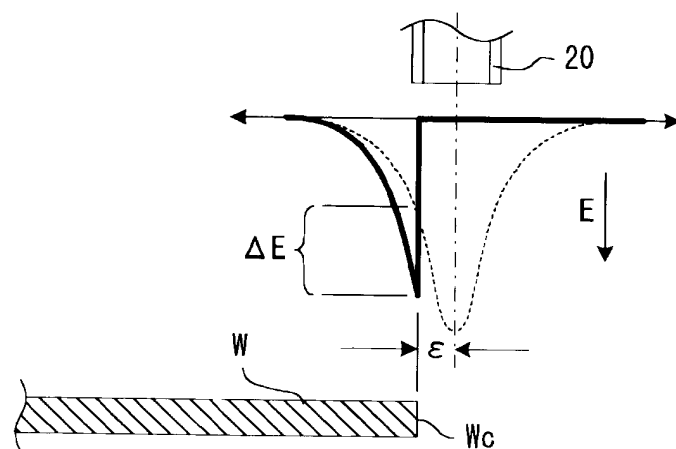
【図 5】



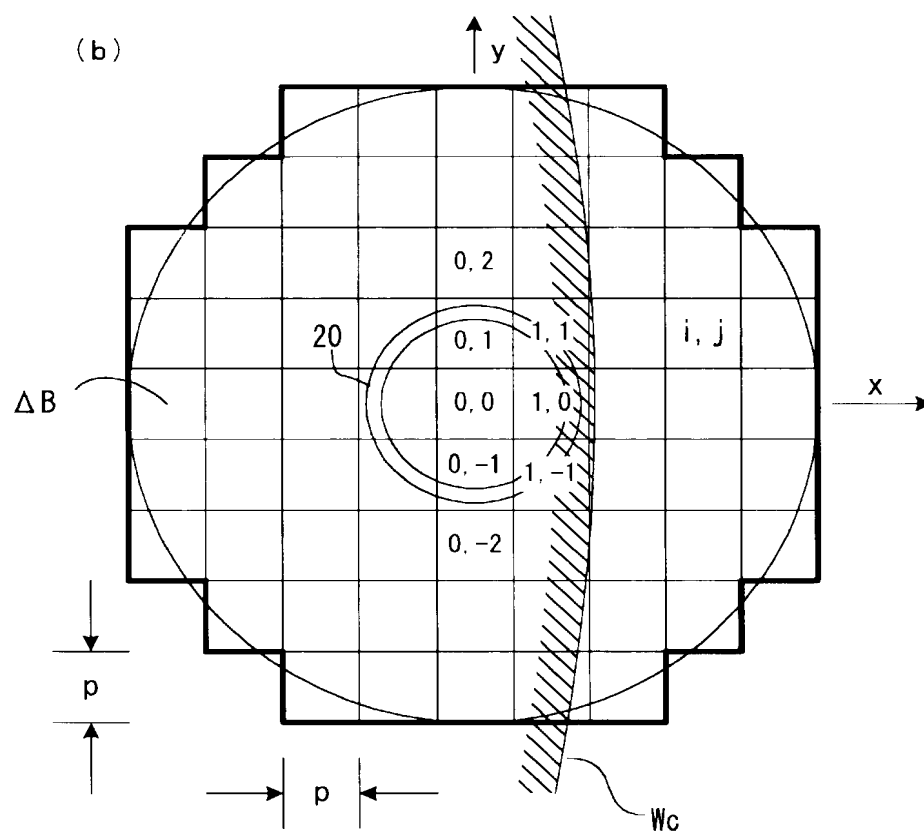
【図 6】



【図 7】







【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体ウェーハに対するノズル位置の如何に関わらずエッチングレートプロファイルが同じであると仮定しているため、従来技術によると、正確な平坦度が得られないという問題を改善することを課題とする。

【解決手段】 エッチングレートプロファイルは、距離 $\varepsilon$ の影響を受けて変形する。エッチングレートプロファイルの変形の程度をノズル20の位置（距離 $\varepsilon$ ）毎に予め求めておく。外縁We近傍のノズル速度 $v$ の計算において、こうして求めたエッチングレートEを用いる。

【選択図】 図10